Ciência e Tecnologia no Brasil: Uma Nova Política para um Mundo Global

O ESTADO ATUAL E POTENCIALIDADES DO ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E DA PESQUISA EM ENGENHARIA

Sandoval Carneiro Jr.
UFRJ/COPPE/Escola de Engenharia

Este trabalho faz parte de um estudo realizado pela Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas por solicitação do Ministério da Ciência e Tecnologia e do Banco Mundial, dentro do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT II) . As opiniões expressas neste texto são de responsabilidade exclusiva do autor

Rio De Janeiro, Julho de 1993

Sumário

O ESTADO ATUAL E POTENCIALIDADES DO ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E DA PESQUISA EM ENGENHARIA

1. Introdução

Este trabalho pretende analisar o estado atual do ensino de pós-graduação e da pesquisa em Engenharia no Brasil, enfocando fundamentalmente os aspectos relativos ao desenvolvimento científico e tecnológico da área. O estudo procura identificar, de um lado, a existência de eventuais lacunas em sub-áreas que devam ser objetos de ações específicas por parte dos setores responsáveis, e de outro lado, as sub-áreas em que se logrou estabelecer competências expressivas no país.
O estudo foi organizado de forma a analisar detalhadamente as chamadas grandes áreas de habilitação das Engenharias, de acordo com a concepção adotada na Resolução 48/76 do CFE, a saber: Engenharias Química, Elétrica, Civil, Mecânica, Metalurgica e de Minas. Diversas outras sub-áreas são analisadas em menor detalhe e algumas sub-áreas tais como as Engenharias de Computação, Agrícola, de Alimentos, e outras não foram incluídas.

Com vistas a obter uma compreensão mais profunda, o estudo inicia com um breve resumo sobre a evolução e a situação do ensino de graduação, bem como sobre a sua posição em relação às demais áreas do conhecimento no país. Segue-se um estudo sobre a pós-graduação e a pesquisa, passando-se então a uma análise qualitativa e quantitativa das sub-áreas selecionadas, baseada em documentos elaborados pelos Comitês Assessores do CNPq, por consultores da CAPES e outros referidos na Bibliografia.

Além dos documentos acima, o autor gostaria de registrar a inestimável colaboração de diversos colegas que contribuiram com informações, críticas e sugestões, nas diversas fases de elaboração deste trabalho: Alberto Claudio Habert (Eng. Química), Luiz Pereira Calôba e Edson Hirokazu Watanabe (Eng. Elétrica), Flávio Nobre (Eng. Biomédica), Paulo Alcântara Gomes e Alberto Sayão (Eng. Civil), Antonio Mac-Dowell de Figueiredo e Nisio Brum (Eng. Mecânica), Fernando Luiz Bastian e Luis Henrique de Almeida (Eng. Metalurgica), Ricardo Tadeu Lopes (Eng. Nuclear). Fernando Espagnolo e Magda Maria Augusta da CAPES não mediram esforços para fornecer os dados da maior parte das tabelas.

As eventuais falhas e omissões são no entanto da exclusiva responsabilidade do autor.

2. A Graduação em Engenharia no Brasil

2.1 - Evolução Histórica

Desde o início da sua colonização em 1500, até a vinda da Corte portuguesa para o Rio de Janeiro em 1808, motivada pela invasão da Península Iberica pelas tropas de Napoleão, a ciência no Brasil limitou-se a relatos eventuais dos cronistas e missionários [1].

Com a instalação da Corte no Rio, foram abolidas inúmeras restrições que impediam a Colonia de desenvolver qualquer atividade cultural independente. A imprensa era proibida, o ensino superior era privilegio da metrópole, e até a entrada de livros era restrita. A entrada franca de livros no país passou a ser permitida apenas em 1824, por ato de Dom Pedro I.

A partir de 1808, diversas instituições culturais e científicas foram criadas ou mesmo transferidas da Corte, e em 1810 foi fundada a Real Academia Militar a qual, já no ano seguinte, iniciou os primeiros cursos destinados à formação de artilheiros, engenheiros, geógrafos e topógrafos [1].

O ensino de engenharia no Brasil remonta portanto a 1811 e sua evolução foi bastante lenta e gradual. Em 1874 foi fundada a Escola Politécnica do Rio de Janeiro, que foi posteriormente incorporada à Universidade do Brasil e hoje é a Escola de Engenharia da UFRJ.

A Escola de Minas de Ouro Preto foi fundada em 1875 e propiciou, junto com a Escola Politécnica do Rio de Janeiro, o desenvolvimento de pesquisas geológicas e mineralógicas de qualidade, além evidentemente da formação de geólogos e engenheiros civis com sólidas bases técnicas e científicas. A este esforço viria juntar-se a Escola Politécnica de São Paulo em 1894.

Conforme lembra Melo Carvalho [1], durante a Monarquia e o início da República, o ensino das ciências exatas e naturais se verificou inicialmente na Escola Militar, na Escola Naval e nas Escolas de Engenharia e de Minas e ainda nas de Medicina.

O período Republicano se caracterizou pela implantação de diversos laboratórios de serviço no campo da Metrologia, Astronomia, Geologia, Mineralogia, além de Institutos de Pesquisa abrangendo diversos setores do conhecimento como o estudo das Moléstias Tropicais e Epidêmicas, a Biologia, a Biofísica, a Zoologia, Agronomia, etc. Muitas destas instituições foram criadas pelo esforço e abnegação de pessoas e várias foram mantidas graças ao idealismo e perserverança de professores e dirigentes. É o caso por exemplo da Escola Superior de Agricultura e Veterinária de Viçosa (fundada em 1927), que na década de 40 já enviava jovens professores para o exterior para realizar estudos a nível de Mestrado e Doutorado.

Foi apenas em 1934 que foi criada a Universidade de São Paulo, a primeira universidade no Brasil, seguida em 1937 da Universidade do Brasil, hoje Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Vários outros centros universitários foram sendo criados nos demais estados da federação, freqüentemente através da reunião de escolas superiores isoladas, processo este que originou problemas que perduram até os dias de hoje [2].

Nas últimas décadas, a criação de duas instituições de ensino superior merece ser destacada: o Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA (1950) e a Universidade de Campinas - UNICAMP (1967). Como será visto no decorrer deste trabalho, estas instituições contribuiram de forma significativa para a implantação da pós-graduação em engenharia em

outras partes do país e propiciaram condições para o desenvolvimento de indústrias locais com tecnologia de ponta, além de institutos de pesquisas tecnológicas.

2.2 - A Formação de Engenheiros

De acordo com Danna et al. [3], a quantidade de engenheiros atuantes no país no 2^0. semestre de 1991 era da ordem de 300 mil, para uma população economicamente ativa (PEA) de cerca de 60 milhões de pessoas. Na Tabela 1 compara-se este dado, que indica uma razão de cinco engenheiros para cada 1.000 pessoas da PEA, com diversos países desenvolvidos. Verifica-se que no Japão, Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha este índice é mais de **quatro** vezes superior ao do Brasil, enquanto que na França o índice é três vezes maior.

Tabela 1 - Quantidade de engenheiros para cada 1.000 trabalhadores da população economicamente ativa de diversos países

País	Engenheiros por 1.000 trabalhadores
EUA	25
Japão	25
Inglaterra	23
Alemanha	22
França	15
Brasil	**05**

Possíveis razões desta pequena presença de engenheiros na PEA serão analisadas mais adiante, mas uma comparação com as demais áreas do conhecimento já indica claramente que este é um quadro difícil de se alterar. Dados de 1988 do MEC, Tabela 2, indicam que apenas 9,7% de todos os alunos de graduação estavam matriculados em cursos de engenharia ou tecnologia, comparados a, por exemplo, mais de 38% nas áreas de Ciências Sociais Aplicadas, o que dá uma relação de **um** engenheiro para quase **quatro** cientistas sociais. Este dado pode ser confrontado com a situação nos Estados Unidos (vide Tabela 3): no mesmo ano de 1988 formaram-se 70.406 engenheiros e 69.861 cientistas sociais; uma relação portanto de praticamente um para um.

Embora datem de 1986, nada indica que os dados da Tabela 4 tenham sofrido alguma alteração significativa nos últimos anos. Verifica-se pois que quase **metade** dos engenheiros formados no país escolhem a habilitação em Engenharia Civil. Estes dados se refletem obviamente na distribuição dos engenheiros atuantes conforme se pode verificar na Tabela 5. Enquanto nos Estados Unidos apenas 14,2% dos engenheiros são civis, no Brasil esta habilitação corresponde a 45,5% do total de engenheiros ativos. Muitos destes engenheiros atuam em empresas de setores industriais como Eletro-Eletrônica e Mecânica e Química [4],

de onde se pode deduzir que desempenham funções que extrapolam a sua formação profissional.

Tabela 2 - Quantidade de alunos matriculados em cursos de graduação no Brasil, por grandes áreas de conhecimento

Grandes Áreas	Alunado de Graduação	%
Ciências Sociais Aplicadas	578.067	38,5
Ciências Humanas, Letras e Artes	410.173	27,3
Ciências da Saúde	172.038	11,4
Ciências Básicas	155.783	10,3
Engenharia/Tecnologia	**145.914**	**9,7**
Ciências Agrárias	41.585	2,8
SOMA	**1.503.560**	**100,0**

Além da pequena quantidade de profissionais, a engenharia no Brasil padece de uma séria distorção entre as diferentes sub-áreas, conforme se pode depreender da Tabela 4.

Tabela 3 - Alunos de graduação formados (B.Sc. Degree) nos Estados Unidos.

	1978	1988
Engenharias	**47.411**	**70.406**
Ciências Físicas	17.172	14.263
Ciências Ambientais \	6.003	3.554
Ciências da Computação/Matemáticas	19.925	51.018
Ciências Biológicas/Agrícolas	77.138	54.280
Psicologia	45.057	45.378
Ciências Sociais	75.461	69.861
Total	**288.167**	**308.760**

Fonte: National Science Foundation.

Tabela 4 - Distribuição dos engenheiros formados pelas diversas habilitações

Habilitação/Formação de Engenheiros	Quantidade Anual	%
Engenharia Civil	10.810	47,0
Elétrica/Eletrônica	4.830	21,0
Mecânica	4.600	20,0
Química	1.750	7,6
Metalurgia	620	2,7
Minas	210	0,9
Outras	180	0,8
Soma	**23.000**	**100,0**

Fonte: ABENGE, 1986.

Tabela 5 - Distribuição dos engenheiros nos EUA e no Brasil

Quantidade	EUA		Brasil	
Áreas/Engenheiros	**Quantidade**	**%**	**Quantidade**	**%**
Civil	319.100	14,2	134.058	45,4
Elétrica/Eletrônica	540.800	24,0	40.731	13,8
Mecânica	453.700	20,3	42.414	14,4
Química	131.500	5,9	5.476	1,8
Aeronáutica	104.200	4,6	1.307	0,4
Outros	694.200	31,0	71.509	24,2
Soma	**2.243.500**	**100,0**	**295.495**	**100,0**

Fonte: NSF - Science & Engineering Indicators, 1987 e MEC/SESU, 1986.

As áreas de graduação em engenharia são regulamentadas pela Resolução 48/76 do Conselho Federal de Educação, que introduziu um currículo mínimo para cada uma das seis grandes áreas de habilitação: Civil, Elétrica, Mecânica, Química, Minas e Metalurgia. Embora esta estrutura admita alguma flexibilidade através das habilitações com ênfases específicas, e ainda através de algumas habilitações especializadas, derivadas das áreas básicas (por exemplo, Engenharia Naval, oriunda da Engenharia Mecânica), não há dúvidas de que a Resolução 48/76 tornou-se inadequada e precisa ser substituída por um instrumento mais flexível, de

forma a permitir que a formação de engenheiros possa seguir mais de perto a evolução tecnológica e as exigências do mercado de trabalho [4].

Recentemente em março de 1993, o Secretário Nacional de Ensino Superior reativou a Comissão de Especialistas do Ensino de Engenharia, a qual iniciou seus trabalhos dedicando-se à tarefa de revisão de Resolução 48/76 e ao planejamento de metodologias de avaliação dos cursos de graduação em engenharia. Além deste fato, a implantação da autonomia universitária deverá conduzir a uma maior flexibilidade e agilidade das Escolas de Engenharia na modernização de suas estruturas curriculares.

3. A Pós-Graduação em Engenharia no Brasil

3.1- Evolução Histórica

O primeiro curso formal de pós-graduação "strictu-sensu" na área das engenharias foi oferecido em 1961 pelo ITA, que organizou um curso de Mestrado em Sistemas de Controle, nos moldes das universidades americanas. A participação expressiva de professores em regime de tempo integral com dedicação a pesquisas tecnológicas no corpo docente do ITA, e a interação com o CTA, contribuiu para atrair alunos oriundos de todo o país para cursar a graduação. Muitos destes alunos tiveram sua vocação para a pesquisa e ensino despertada no ITA, continuaram seus estudos a nível de pós-graduação no exterior e no país, e vieram participar da criação de vários centros de pós-graduação, notadamente na UFRJ, UFPb e UNICAMP.

Em 1963, um curso de Mestrado em Engenharia Química foi oferecido no Instituto de Química da UFRJ. O curso foi ministrado por professores brasileiros e professores da Universidade do Texas, e contou com o apoio da Fundação Rockfeller e da Comissão Fullbright. O interesse despertado foi bastante expressivo e isto motivou a criação de novos cursos e a instituição, pelo Reitor da UFRJ, da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia - COPPE, em 1965.

No mesmo ano de 1965 foi organizado o FUNTEC - Fundo de Tecnologia do BNDE e o primeiro financiamento foi outorgado à COPPE. Graças ao apoio contínuo do FUNTEC e, posteriormente da FINEP, e ao interesse na pós-graduação, a COPPE expandiu-se de forma extremamente rápida e contava, já em 1970, com 10 programas de pós-graduação, 88 docentes e mais de 600 alunos.

Embora uma revisão histórica detalhada fuja ao contexto do presente trabalho, análises da evolução da COPPE [5], [6] mostram a importância desta instituição como centro formador de jovens professores para Universidades Brasileiras e da América Latina. Mostram ainda a interação desta instituição com o setor produtivo, sobretudo através dos centros de pesquisa de empresas estatais. Alguns aspectos desta interação serão analisados no decorrer deste trabalho.

3.2- A Pós-Graduação em Engenharia no Contexto das Áreas de Conhecimento

A implantação dos cursos de pós-graduação na área das engenharias ocorreu de forma bastante diferente da evolução dos cursos de graduação, conforme pode-se constatar nas seções 2.1 e 3.1.

Foram muitos os condicionantes que motivaram o rápido crescimento da pós-graduação: a criação de incentivos para a dedicação integral ao ensino e a pesquisa; o acesso a financiamentos externos e, posteriormente, internos; o aumento da população estudantil com a conseqüente necessidade de formação de docentes; a adoção de políticas de governo direcionadas ao desenvolvimento científico tecnológico; pesados investimentos na modernização de setores básicos para a modernização industrial, tais como energia elétrica, telecomunicações, etc.

A preocupação com a velocidade de criação de novos cursos motivou a implantação do processo de avaliação da CAPES, bastante criticado em diversos segmentos da comunidade universitária quando da sua introdução, mas hoje amplamente aceito por todos os setores envolvidos com a atividade de pós-graduação e pesquisa no país.

As Tabelas 6, 7, 8 e 9 contem dados que permitem analisar a posição recente das engenharias perante as demais áreas do conhecimento.

Considerando inicialmente o alunado, verifica-se pelos dados da Tabela 6 que a participação das Engenharias corresponde a 17,4% e 16,3%, do total de alunos de Mestrado e Doutorado, respectivamente. Este é um percentual sem dúvida mais expressivo do que o verificado na graduação (Tabela 2), inferior a 10%. Entretanto, comparando novamente com um país mais desenvolvido, na Tabela 7 constata-se que a participação das Engenharias nos Estados Unidos foi de 35,8% dos titulados com mestrado (1988) e 21,0% (1989) dos titulados com doutorado - o que corresponde em ambos os casos a quase o dobro das participações relativas verificadas no Brasil: 18,2% dos titulados com mestrado e 12,1% dos titulados com doutorado.

Tabela 6 - Pós-Graduação - Alunado por área e nível - 1991

Área	**Total Alunos**		**Titulados**	
	Mest.	**Dout.**	**Mest.**	**Dout.**
Ciências Exatas e da Terra	1.001	255	4.302	2.048
Ciências Biológicas	622	215	2.708	1.594
Engenharias	**1.176**	**173**	**6.290**	**1.912**
Ciências da Saúde	795	300	4.973	1.869
Ciências Agrárias	677	96	3.492	825

Ciências Sociais Aplicadas	700	117	4.844	1.251
Ciências Humanas	1.154	200	7.105	1.981
Lingüística, Letras e Artes	332	79	2.512	267
Total Geral	**6.457**	**1.435**	**36.226**	**11.747**

Fonte: CAPES/DAV/DED

Tabela 7 - Alunos de pós-graduação titulados nos Estados Unidos

	M.Sc.(1988)	M.Sc.(1989)
Engenharias	**22.891**	**4.536**
Ciências Físicas	3.730	3.249
Ciências Ambientais	1.920	738
Ciências da Computação/ Matemáticas	12.600	1.473
Ciências Biológicas/ Agrícolas	8.559	5.194
Psicologia	7.925	3.209
Ciências Sociais	6.272	3.117
Total	**63.897**	**34.319**

Fonte: NSF, 1990

Tabela 8 - Corpo docente na pós-graduação em 1991

Área	Total Doc.	Total Dout.	Doc. Perm.	Doc.Perm. Dout.	Doc.Perm. Orientad.	Doc.Perm. Treinam.
Artes	246	158	200	133	94	29
Cienc.Biol.	1793	1581	1178	1052	622	109
Cienc.Fisiol.	1655	1475	1194	1925	634	151
Cienc.Exatas e da Terra	4082	3579	2884	2619	1712	402
Cienc.Humanas	4431	3664	3226	2749	2223	321
Engenharias	**2883**	**2174**	**2128**	**1635**	**1290**	**355**
Cienc.Agrar.	4341	3242	2850	2159	1450	313
Cienc.Saúde	6765	5214	4287	3375	2045	307
Cienc.Sociais Aplicadas	2747	1901	1889	1321	1050	257
Total	**28943**	**22988**	**19746**	**16068**	**11120**	**2244**

Fonte: CAPES/DAV/DED

Quanto ao corpo docente, nota-se na Tabela 8 que as Engenharias contam com 2883 docentes de um total de 28.943, ou seja, pouco menos de 10%, o que implica uma relação aluno/professor maior nas Engenharias do que na média das demais áreas do conhecimento.

No que diz respeito à produção científica, Tabela 9, é necessário adotar-se a priori, bastante cautela ao comparar-se as áreas de conhecimento, não só pelos diferentes estágios de desenvolvimento em que se encontram no Brasil, como (e principalmente) pelas características e peculiaridades próprias de cada área. Uma característica se reflete, por exemplo, no acesso a veículos consolidados de divulgação científica no país. A quantidade de trabalhos publicados em revistas nacionais nas áreas de Saúde (3.122), Agrárias (1.901) e Sociais Aplicadas (1.021) indica a presença de diversas Sociedades Científicas, consolidadas há maior tempo, que editam tais revistas. Nas Engenharias, as poucas Sociedades atuantes são mais recentes e vêm dando maior ênfase à organização de congressos no país (1.722 trabalhos) do que à edição de revistas.

Uma outra característica relaciona-se com as formas de transferência dos resultados da produção intelectual à sociedade. Assim, em sub-áreas das Artes tais como Música, a produção intectual se reflete melhor através de recitais, do que em publicações de qualquer tipo; nas Engenharias, a transferência do conhecimento gerado para o setor produtivo através de estudos tecnológicos, ainda que sem a geração de patentes, é da maior importância, mas não é considerada nas avaliações das agências de fomento. Uma indicação do volume de tais atividades poderia ser obtida através do valor dos contratos de consultoria e convênios [6], mas poucas instituições tem condições de fornecer os dados necessários.

Dos indicadores de produção científica constantes da Tabela 9, a produção de teses talvez seja a menos sujeita aos condicionamentos supra-citados. Tal impressão é corroborada pela

participação relativa das Engenharias nas teses, 17,07% do total de mestrado e doutorado, o que se compara com 17,04% do total de alunos (Tabela 6). Consequentemente, convem utilizar indicadores ilustrativos de posição entre as áreas com base na produção de teses. As relações tese/docente-orientador e teses/total alunos nas Engenharias são, respectivamente, 0,92 e 0,19 considerando o mestrado apenas. Tais relações se comparam com, respectivamente, 0,63 e 0,20 para as Ciências Humanas e respectivamente, 0,57 e 0,23 para as Ciências Exatas e da Terra. Assim, enquanto nestas três áreas cerca de 20% do alunado de Mestrado apresentou tese ou dissertação em 91, a relação teses/docente-orientador variou bastante nas três áreas, sendo aquela das Engenharias nitidamente a mais favorável.

Um outro indicador, ainda que sujeito às ressalvas feitas acima, pode ser utilizado somando-se todas as colunas da Tabela 9, excetuando-se aquelas relativas às teses, e relacionando com número de docentes-orientadores. Ter-se-ia portanto um indicador "produção-total"/docente-orientador. Fazendo-se os cálculos indicados chega-se a 2,42 para as Engenharias, 1,69 para as Ciências Humanas e 2,12 para as Ciências Exatas e da Terra. Tanto este como o indicador teses/docente-orientador conduzem a uma posição de maior produtividade das Engenharias, quando comparada com as Ciências Humanas e Exatas e da Terra. Estas áreas foram escolhidas uma, por apresentar uma certa proximidade das Engenharias e a outra por ser, ao contrário das Exatas e da Terra, bastante diferente, como é o caso das Ciências Humanas.

Algumas conclusões podem ser tiradas a partir das análises desta seção:

- na pós-graduação, a posição das Engenharias em relação às demais áreas do conhecimento é mais significativa que aquela observada na graduação. Isto sugere, inclusive, que uma maior aproximação entre a pós-graduação e a graduação é desejável e necessária;
- as relações aluno/professor, teses/docente-orientador e produção total/docente-orientador parecem mostrar uma maior eficiência das Engenharias quando comparadas com duas áreas do conhecimento, uma próxima e outra distante das Engenharias, tomadas como exemplos.

3.3- A Pós-Graduação em Engenharia no Brasil no Contexto das Suas Diversas Subáreas

Ao analisar a graduação em Engenharia no Brasil, na seção 2, constatou-se através das Tabelas 4 e 5 uma forte concentração na sub-área de Engenharia Civil. Na presente seção procura-se verificar qual a situação da pós-graduação em Engenharia e qual a posição relativa das diferentes sub-áreas.

A Tabela 10 contem dados relativos ao ano de 1991, coletados pela CAPES.[1] Observando-se por exemplo as colunas referentes ao alunado novo no mestrado, constata-se de imediato que a pós-graduação apresenta um quadro bastante diferente do da graduação. A Engenharia Elétrica surge como a grande preferida do alunado com 25,4% do total, seguido das Engenharias Mecânica (16,0%) e de Produção (14,9%). A Engenharia Civil aparece em quarto lugar na preferência, com 12,6%, ou seja, praticamente metade do alunado da Engenharia Elétrica.

Uma rápida analise das demais colunas da Tabela 10 irá apontar para desigualdades expressivas nas relações professor/aluno e na participação relativa de docentes doutores no total de docentes. Estes aspectos serão comentados em maior detalhe nas seções correspondentes as sub-áreas selecionadas e indicadas na Introdução.

4. A Sub-Área de Engenharia Química

4.1- Situação Geral da Sub-Área no País

As Tabelas 11 e 12 contem dados coletados pela CAPES e fornecem um panorama da situação da subárea no biênio 90/91.

São apenas nove cursos de pós-graduação, dos quais somente cinco oferecem o Doutorado. A maioria dos cursos apresenta um corpo docente consolidado, exceto na UFRN e na UFPb onde, apesar dos cursos terem se iniciado em 1988, docentes não-doutores ainda participam da pós-graduação.

Os alunos titulados em 91 foram 89 mestres e 12 doutores, o que pode ser considerado muito aquem das necessidades do país, qualquer que seja o critério adotado.

A produção científica (Tabela 12) é também modesta, sobretudo no que se refere a publicações em revistas internacionais. Em termos relativos, a publicação de 22 artigos em tais revistas resulta em 0,20 trabalho por docente doutor em 1991; quanto ao índice "produção-total" por docente doutor já introduzido na seção 3.2, obtém-se para 1991 o valor 1,62 o que situa a subárea sensivelmente abaixo da média de 2,42 entre as engenharias. Entretanto, cabe observar que há uma distribuição bastante desigual entre os diversos grupos. No extremo superior, situa-se a UFRJ/COPPE com "produção-total" em 91 superior a 3,13 e no inferior a UFRN, onde este índice é praticamente nulo. A Tabela 12 indica ainda que em 1991 a subárea registrou apenas três pedidos de patentes ou protótipos, o que é muito pouco tendo em vista o caráter experimental de boa parte das linhas de pesquisa.

---

[1]Os números totais na Tabela 10 deveriam corresponder exatamente aos da linha relativa às Engenharias na Tabela 6. Segundo a CAPES/DAV/DED, estas discrepâncias se devem a diferentes critérios de classificação adotadas. Por exemplo, as Engenharias Florestal, de Pesca e de Alimentos devem estar incluídas na Tabela 9, mesmo não ocorrendo nas Tabelas 10 e 6.

A Tabela 13 mostra a distribuição dos pesquisadores que recebiam bolsas de pesquisa do CNPq em maio de 1992.

Muito embora o sistema de bolsas de pesquisa do CNPq não atinja todo o universo do corpo de pesquisadores, verifica-se que dos 111 docentes doutores da subárea, 48 estavam no sistema em maio de 1992. É interessante notar que o maior contingente estava classificado na Categoria II, nível C, o que indica uma quantidade expressiva de recém-doutores ingressando numa "carreira de pesquisa" bastante disputada e sujeita a avaliação pelos pares.

Tabela 13 - Bolsista de pesquisa do CNPq, Engenharia Química maio 1992

Nível	Categoria I	Categoria II
A	6	3
B	6	7
C	5	21
Totais	**17**	**31**

4.2- Atuação em Pesquisa nas Universidades

Segundo Perlingeiro [7], as atividades de pesquisa desenvolvidadas nas Universidades abrangiam, já em 1982, praticamente todo o espectro da subárea. Atualmente, os campos de atuação das diversas instituições estão assim distribuídas:

- Termodinâmica Aplicada a Sistemas Químicos: UFBa, UFRJ/COPPE, USP, UNICAMP
S Cinética e Catálise e Reatores Químicos: UFRJ/COPPE, UFSCar, UNICAMP, UFBa, USP
- Processos Bioquímicos: UFRJ/COPPE e EQ, USP, UFSCar, UNICAMP
- Fenômeno de Transporte: UFRJ/COPPE, UFSCar, USP
- Operações Unitárias e Processos de Separação: UFRJ/COPPE, USP, UNICAMP, UFSCar, UFBA, UFRN
- Modelagem, Simulação e Controle: UFRJ/COPPE, USP, UNICAMP, UFSCar

Embora as linhas de pesquisa acima estejam sendo desenvolvidas em mais de uma instituição, existem certos tópicos que, dada a importância das indústrias químicas e de alimentos já atuantes no país, deveriam ser objeto de ações especificas de fomento:

- Fenômenos de superfície (emulsões, coloides, cristalização, etc.)
- Reologia (fluidos não-newtonianos, escoamento e agitação, sistemas bi- ou trifásicos)
- Processos eletroquímicos

-
- Controle da poluição ambiental

observar que várias destas linhas são interdisciplinares, sendo esta uma tendência que se observa freqüentemente nos desenvolvimentos recentes das diversas Engenharias.

Comitê Assessor de Engenharia Química propôs o seguinte plano de metas físicas e orçamentárias
bolsas no país e no exterior, conforme pode ser visto na Tabela 14.

Tabela 14 - Metas físicas e orçamentárias para 1993

Itens	**Quant.**	**Orçamento US$**	
Auxílios	70		1.400.000,00
	50	40.000,00	
Participação em Congressos			
Internacionais		5.000,00	500.000,00
Nacionais	250		500.000,00
Realização de eventos		15.000,00	150.000,00
	20	12.000,00	
Total			

Fonte: Comitê Assessor da Engenharia Química do CNPq

pode ser visto na Tabela 14, o Comitê estima que o custo unitário para os auxílios individuais deve ser de US$ 20.000,00. Agregando-se a este valor uma participação em anos, chega-se a
uma
na área.

O
no exterior.

5. A Sub-Área de Engenharia Elétrica

Situação Geral da Subárea no País

Na seção 3 já foi possível constatar que a pós-graduação em Engenharia Elétrica
maior número de cursos e pesquisadores que as demais subáreas da Engenharia.

As
quantitativo da subárea no biênio 90/91. São 19 cursos de pós-graduação, dos quais sete

oferecem Mestrado e Doutorado e 12 apenas Mestrado*.[2] Um primeiro aspecto que transparece dos dados é a ocorrência de diversos cursos onde o número de doutores é bem menor que o de docentes permanentes, o que indicaria uma atuação expressiva de não-doutores na pós-graduação. Estes dados devem entretanto ser vistos com cautela, uma vez que muitos Departamentos relacionam o total de docentes permanentes, incluindo os que atuam apenas na graduação. Dos 19 cursos, 11 podem ser considerados consolidados a nível de Mestrado e apenas 3 a nível de Doutorado (COPPE/UFRJ, UNICAMP e PUC/RJ).

Em 1991, 309 alunos completaram o curso de Mestrado e 48 o de Doutorado; são números significativos quando comparados com as demais subáreas, porém ainda insuficientes para atender as necessidades dos cursos de Graduação no país apenas, sem considerar os demais setores da economia. Dados do CNPq de maio de 1992 acusaram 120 bolsistas de Doutorado e 5 de Pós-Doutorado no exterior. Em condições normais, tomando 4 anos como tempo médio de titulação, pode-se supor o retorno de cerca de 30 recém-doutores a cada ano. Este número, acrescido aos titulados no país (48 em 1991), aponta para uma situação de bastante dinamismo da subárea, provocada pelo ingresso de mais de 70 doutores a cada ano.

A produção científica (Tabela 16) em revistas internacionais em 1991 foi de 79 artigos, o que corresponde a 0.19 trabalhos por docente-doutor. O índice "produção-total" por docente-doutor para 1991 é de 1,71 o que situa a sub-área abaixo da média entre as Engenharias. Entretanto, a publicação em revistas internacionais esta nitidamente aquem do potencial da subárea.

A Tabela 16 indica que foram produzidos 23 pedidos de patentes e protótipos em 1991. Os maiores números originaram-se da FEI (Faculdade de Engenharia Industrial), com 8 pedidos e do IME (Instituto Militar de Engenharia), com 5 pedidos. É interessante notar que embora ambos os cursos tenham problemas de consolidação, a vocação para desenvolvimento (P&D) se sobrepõe ao lado acadêmico por força da inserção destes cursos nas comunidades que os abrigam.

A Tabela 17 mostra a distribuição dos pesquisadores que recebiam bolsas de pesquisa do CNPq em maio de 1992. Embora, como já foi dito, o sistema de bolsas de pesquisa do CNPq não atinja todo o universo do corpo de pesquisadores, alguns aspectos podem ser inferidos a partir dos dados desta Tabela. Um primeiro aspecto surge de uma comparação com outras subáreas. Tomando como exemplo a Engenharia Química (Tabela 15) onde quase metade dos docentes doutores estavam no sistema, na Engenharia Elétrica apenas 98 dos 409 docentes doutores recebem bolsa de pesquisa. O percentual de pesquisadores na Categoria I é também bastante inferior na Engenharia Elétrica do que na Engenharia Química. Não há motivo aparente para tais discrepâncias pois ambas as subáreas são tradicionais e enfrentaram

---

[2] *

O curso de Telecomunicações da Universidade Mackenzie (UM) foi considerado como Mestrado apenas, por ser ainda incipiente e por não ter nenhum aluno de Doutorado.

processos de implantação em todo semelhantes. Uma conclusão que pode ser tirada é que os Comitês Assessores devem estar usando critérios de avaliação bastante distintos, sendo o da Engenharia Elétrica evidentemente mais rigoroso, pelo menos no que diz respeito à classificação nos níveis mais altos da "carreira de pesquisa". Esta conclusão foi aliás recentemente corrobada por Nussensweig [8].

Tabela 17 - Bolsistas de pesquisa do CNPq, Engenharia Elétrica e Biomédica

Nível	Categoria I	Categoria II
A	3	22
B	6	28
C	8	31
Totais	**17**	**81**

Fonte: CNPq, maio de 1992

5.2 - Atuação em Pesquisa

No presente estudo, a subárea de Engenharia Elétrica será subdividida nos seguintes setores: Eletrônica e Microeletrônica, Sistemas de Energia, Eletrônica de Potência, Telecomunicações e Sistemas de Controle. A cobertura destes setores nos diferentes cursos de pós-graduação pode ser resumida como se segue:

- Eletrônica e Microeletrônica - excetuando-se a Universidade Mackenzie (UM), os demais 18 cursos tem atuação neste setor. Na área de Microeletrônica, os principais grupos estão na UNICAMP e na USP, havendo grupos menores em outras Universidades. Na área de Eletrônica os principais grupos encontram-se na COPPE/UFRJ, UFSC e UNICAMP, havendo outros grupos menores.

- Sistemas de Energia Elétrica - também conhecido como Sistemas de Potência, este setor conta com grupos atuantes em quase todos os cursos, excetuando-se o ITA, UFPE e FEI. Os grupos mais ativos estão na UNICAMP, UFRJ/COPPE, PUC/RJ, UFSC, entre outros. No setor de Máquinas Elétricas destacam-se a USP (Politécnica) e UFSC.

- Telecomunicações - os principais grupos estão na UNICAMP e PUC/RJ.

- Controle - a palavra Automação poderia ser agregada a este setor, muito embora muitos processos automatizados sejam cobertos dentro do setor de Eletrônica. Robótica seria também adequada, apesar de sua natureza nitidamente interdisciplinar, o que aliás se aplica a Controle. Considerando portanto Controle e Automação, os principais grupos estão na COPPE/UFRJ, UNICAMP, UFSC, USP-SP, havendo outros grupos.

- Eletrônica de Potência - este é um setor que nos últimos 10 anos se desenvolveu de maneira intensa, já existindo grupos, com atuação a nível internacional, na UFSC e UFRJ e grupos bastante ativos na UFPb, UFMG, UFU.

O Comitê Assessor de Engenharia Elétrica do CNPq, propôs um plano de metas físicas para 1993, o qual se encontra resumido na Tabela 18, resultando em um valor global da ordem de US$ 4.580.000,00, excetuando-se as bolsas de estudo.

Tabela 18 - Metas físicas e orçamentárias para 1993

	Quant.	Custo Unitário US$	Orçamento US$
Projetos individuais	200	20.000,00	4.000.000,00
Participação em Congressos Internacionais	100	3.000,00	300.000,00
Participação em Congressos Nacionais	200	500,00	100.000,00
Realização de eventos	variável	variável	80.000,00
Pesquisador visitante	20	5.000,00	100.000,00
Total			**4.580.000,00**

Fonte: Comitê Assessor de Engenharia Elétrica do CNPq

O critério adotado consistiu em definir um universo desejável de 200 bolsas de pesquisa para a subárea, e onde cada pesquisador teria apoio para uma participação em congresso nacional a cada ano e uma em congresso internacional a cada dois. Seriam ainda apoiados um Pesquisador Visitante por ano para cada curso e a realização de congressos no país promovidos pelas Sociedades Científicas da subárea tais como a SBA (Sociedade Brasileira de Automática) a SBEB (Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica), SBT (Sociedade Brasileira de Telecomunicações), etc.

Com relação a bolsas no exterior, a recomendação do CA-EE para 1993 é de 100 bolsas de Doutorado e 20 de Pós-Doutorado.

5.3 - Principais Institutos de Pesquisa

- Eletrônica e Microeletrônica: o LME (Laboratório de Micro Eletrônica) da USP, fundado em 1968, o CTI (de Campinas), o LSI (Laboratório de Sistemas Integráveis), da USP, os dois últimos mais recentes que o primeiro, representam os principais investimentos para o desenvolvimento da tecnologia de circuitos integrados e de microcomputadores e de robótica (CTI).

- Sistemas de Energia Elétrica - o Centro de Pesquisas Elétricas - CEPEL da Eletrobrás foi instituido em 1974. Os enormes investimentos no setor elétrico, aliados à existência de centros de pós-graduação capazes de suprir os recursos humanos necessários, permitiu que o CEPEL se desenvolvesse rapidamente [6]. Diversos grupos do CEPEL tem atuação reconhecida a nível internacional no que se refere a tecnologias de alta tensão, materiais, estabilidade de sistemas elétricos, planejamento de sistemas elétricos, transitórios eletromagnéticos, entre outros. O Instituto de Eletrotécnica da USP, após um longo período de declínio, está sendo fortalecido na área de ensaios elétricos e máquinas elétricas. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) também atua na área de ensaios industriais, assim como a COPEL (Companhia Paranaense de Eletricidade) que mantem o LAC - Laboratório de Eletrotécnica e Eletrônica em Curitiba.

- Telecomunicações - o CPqD da Eletrobrás foi instituido em 1974, tendo contado desde o início com a participação ativa de professores do CETUC (PUC/RJ), da UNICAMP e do ITA. Assim como o ocorrido com o CEPEL, a ocorrência do binomio investimentos públicos versus recursos humanos capacitados propiciou a rápida consolidação do CPqD e o seu engajamento em atividades de P&D de ponta, a nível internacional.

- Robótica - o CENPES/Petrobrás, como parte de seu programa de capacitação para exploração de petróleo em águas profundas mantém um grupo dedicado à Robótica Submarina (vide seção 8.3).

6. A Sub-Área de Engenharia Biomédica

6.1 - Situação Geral da Sub-Área no País

No Brasil existem apenas três departamentos dedicados exclusivamente à Engenharia Biomédica, embora em diversos centros existam atividades de pesquisa e ensino na sub-área: no Departamento de Engenharia Biomédica da Faculdade de Eletricidade da UNICAMP, no Departamento de Eletrônica da Escola Politécnica da USP, e no Departamento de Engenharia Elétrica da UFSC e, mais recentemente, no CEFET do Paraná. Toda a produção científica destes grupos está, portanto contabilizada na Engenharia Elétrica.

As Tabelas 19 e 20 contem dados coletados pela CAPES em 90 e 91, correspondentes aos departamentos exclusivamente da sub-área. Dos três cursos, o mais antigo, iniciado na UFRJ/COPPE em 1971, é o único consolidado e mesmo assim apenas a nível de Mestrado; os outros dois, apesar de terem iniciado em 1978 não podem ser considerados consolidados mesmo a nível de Mestrado. Dos centros não cadastrados junto à CAPES como sendo da área, o Departamento de Biomédica da UNICAMP apresenta um bom desempenho a nível de Mestrado. Para os outros centros como os da USP, UFSC e CEFET os dados disponíveis não permitiram uma identificação específica da atuação na subárea.

Com relação ao Corpo Docente, verifica-se na Tabela 19 um aspecto curioso: o curso de Bioengenharia da USP-SC contava em 91 com 13 docentes permanentes e 12 doutores, enquanto que no da UFRJ os números eram respectivamente 14 e 9. No entanto, o peso da

produção científica da subárea se concentra, em todos os aspectos, no curso da UFRJ, conforme pode ser verificado na Tabela 20. A produtividade do curso da USP-SC deixa muito a desejar, face ao potencial aparente do corpo docente. Já o grupo da UNICAMP, com 8 doutores e 1 mestre em 1992 é o que apresenta melhor titulação. Os índices de produtividade obtidos das tabelas referentes a 1991, são: 1,0 trabalhos em revistas internacionais por docente sendo este o mais alto entre todas as Engenharias e 1,45 produção total/docente doutor.

A situação da sub-área em termos dos instrumentos do CNPq esta incluida na Engenharia Elétrica, não sendo possível uma análise específica.

O quadro geral da sub-área é bastante precário, tendo em vista as necessidades do país. Basta considerarmos por exemplo que nos hospitais do país deveriam existir profissionais formados em Engenharia Clínica, para melhorar as condições de manutenção e de utilização dos equipamentos hospitalares. Uma dificuldade enfrentada pela área é a sua existência somente a nível de pós-graduação. Esta característica tem impossibilitado um crescimento mais rápido uma vez que mestres formados no setor, ingressam em departamentos de Engenharia Elétrica e acabam muitas vezes realizando doutorado e pesquisas fora do setor específico da Biomédica.

6.2 - Atuação em Pesquisa

A sub-área de Engenharia Biomédica compreende a Bioengenharia, a Engenharia Clínica, a Engenharia de Reabilitação e a Engenharia de Sistemas de Saúde. A situação destas nos distintos cursos de pós-graduação (inclusive aqueles não credenciados especificamente na sub-área) e centros de pesquisa é a seguinte:

- Bioengenharia - este é o setor mais tradicional, existindo atividade de pesquisas em todas as Universidades. Os principais grupos estão na COPPE/UFRJ, UNICAMP e INCOR (Instituto do Coração);

- Engenharia Clínica - somente alguns grupos tem atuação específica neste setor. O mais atuante é o da UNICAMP. Atividades nesta área existem na UFPB, CEFET (Paraná);

- Engenharia de Reabilitação - este é um setor que tem tido pouco desenvolvimento nas Universidades, existindo entretanto outras unidades e Institutos de Pesquisa (como o Hospital Sarah Kubitschek e o Hospital das Clínicas de São Paulo) que atuam de modo significativo. Na UNICAMP também há atividades neste setor;

- Engenharia de Sistemas de Saúde - este setor incorpora parte do que hoje é conhecido como Informática em Saúde. O principal grupo, envolvendo mestrado e doutorado está na UFRJ/COPPE. Atividades importantes de pesquisa estão sendo realizadas na Escola Paulista de Medicina, INCOR - Instituto do Coração e UNICAMP.

7. A Sub-Área de Engenharia Civil e Sanitária

7.1 - Situação Geral da Sub-Área no País

Apesar de ser a mais tradicional de todas as Engenharias, no que diz respeito à Pós-Graduação e a atividades sistemáticas de pesquisa nas Universidades, a Engenharia Civil não foi a primeira nem é a mais desenvolvida no País. Não se pode entretanto deixar de mencionar os trabalhos pioneiros que foram realizados no país em diversos Institutos, notadamente o INT (Instituto Nacional de Tecnologia) cujas origens remontam ao ano de 1922 e o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) fundado em 1934,no campo do concreto armado e em outros aspectos da sub-área [9].

Os dados da CAPES para o biênio 90/91, resumidos nas Tabelas 21 e 22, acusam a existência de 17 cursos de pós-graduação sendo que os 3 últimos correspondem a Engenharia Sanitária. Do total de cursos somente 8 incluem o Doutorado e apenas 4 podem ser considerados consolidados (UFRJ/COPPE, PUC-RJ, USP, USP-SC - (Estruturas) para Mestrado e Doutorado e mais um para Mestrado (UFRGS). Já a situação da sub-área de Engenharia Sanitária é bastante precária, uma vez que mesmo o curso mais antigo (UFMG) tem conceito regular inferior (C^-) e os outros dois estão ainda em fase de implantação.

Em 1991 foram titulados 219 Mestres, número bastante pequeno face às necessidades do país. O mesmo pode ser dito a respeito do número de Doutores, 45, embora este seja um número expressivo comparado com as demais Engenharias.

A produção científica em termos de revistas internacionais em 1991 foi de apenas 0,125 trabalhos por docente-doutor o que conduz a uma média de 1 trabalho nesta categoria a cada 8 anos. O índice "produção-total" por docente-doutor em 1991 foi de 1,97, que se situa abaixo da média entre as Engenharias. Este índice é função da maior participação em congressos nacionais e internacionais, em detrimento das revistas. Tanto o Comitê Assessor do CNPq da sub-área como o GTC da CAPES apontam para esta distorção na sub-área e recomendam um maior empenho nas publicações de carater mais permanente. Para tanto, é necessário adotar-se incentivos específicos pois a publicação em revistas, além de exigir maior empenho, não apresenta normalmente o atrativo das viagens internacionais.

A sub-área não registrou nenhum pedido de patente, no biênio 90/91.

7.2 - Atuação em Pesquisa nas Universidades

Segundo Alcantara Gomes [7] uma característica notável no desenvolvimento da sub-área nas últimas décadas, consiste na sua crescente interdisciplinaridade em função da introdução de novos conhecimentos desenvolvidos nas áreas de cálculo numérico, técnicas computacionais, instrumentação eletrônica, novos materiais, entre outras. Há ainda uma interface cada vez mais forte com outras áreas das ciências, inclusive não exatas, como por exemplo a Arquitetura, a Saúde, Ciências Sociais, etc.

Uma das conseqüências da característica acima é a dificuldade em se definir os setores que compõem a Engenharia Civil. Na análise apresentada a seguir, adotou-se a mesma divisão adotada em [7], excetuando-se o setor de transportes, que no presente estudo foi classificado como Sub-área da Engenharia.

- **Construção Civil**: USP - Politécnica, UFRGS e UFF são os únicos centros que possuem atuação neste setor, quase sempre voltada a cursos de Mestrado e Especialização. A atuação em pesquisa não é muito expressiva.

- **Estruturas**: Os principais grupos estão na UFRJ/COPPE, PUC/RJ, USP-São Carlos, USP-Politécnica, UFRGS e UFMG, sendo este último mais recente.

- **Geotecnia**: Os principais grupos estão na UFRJ/COPPE, PUC-RJ, USP-São Carlos e UnB (Brasília).

- **Recursos Hídricos, Saneamento e Sanitária**: USP - São Carlos, UFRJ/COPPE, USP - Politécnica e UFCE tem atuação neste setor, havendo outros grupos.

O Comitê Assessor do CNPq recomendou a concessão de 200 Bolsas de Pesquisa e de US$ 2.800.000,00 para Auxílios à Pesquisa e Realização de Eventos. Considerando como hipótese este montante distribuído pelos 200 bolsistas, ter-se-ia um valor médio de US$ 14.000,00 para apoio aos Pesquisadores, quantia esta inferior ao proposto pelas Engenharias Química e Elétrica. Com relação a bolsas no exterior, a proposta do Comitê Assessor foi de 100 de Doutorado e 50 de Pós-Doutorado.

7.3 - Institutos de Pesquisa Tecnológica

Ainda segundo Alcantara Gomes [7], no início da década de 80 havia um número expressivo de Institutos de Pesquisa atuando em vários setores da Engenharia Civil: IPT, INT, IPR, CEPED, ITEP (Pernambuco), CIENTEC (Rio Grande do Sul). Destes todos, ainda segundo o mesmo autor, na década de 90 apenas o IPT continua atuando de forma significativa. Os demais ou foram desativados (IPR) ou passaram a se dedicar a outros setores.

A desativação mereceria um estudo à parte, para identificar as causas e as conseqüências para o país.

Somente para citar um exemplo do significado da atuação de institutos deste tipo, na década de 1930 o então jovem pesquisador Fernando Lobo B. Carneiro, desenvolveu no INT um novo ensaio para medir a resistência à tração de blocos de concreto. Este ensaio é hoje adotado internacionalmente, sendo conhecido como "método brasileiro".

Os trabalhos desenvolvidos no CENPES/Petrobrás no setor de Estruturas "offshore" para a produção de petróleo em águas profundas vem também merecendo o reconhecimento da comunidade internacional. A atuação do CENPES neste e em setores correlatos será comentada na seção 8.3.

8. A Sub-Área de Engenharia Mecânica e Aeroespacial

8.1 - Situação Geral da Sub-Área

Os dados coletados pela CAPES referentes ao biênio 90/91 foram condensados nas Tabelas 23 e 24.

São 18 cursos, dos quais 9 outorgam o título de Doutor. A sub-área contava em 1991 com 333 docentes permanentes, das quais 284 com doutorado. Foram titulados 216 Mestres e 34 Doutores, número considerado pequeno pelo Comitê Assessor do CNPq, que aponta inclusive para o desequilíbrio entre as Engenharias, já observado na Seção 2 deste trabalho. No caso específico da sub-área, o Comitê Assessor estima que no Brasil existem apenas 0,75 engenheiros mecânicos para cada 1.000 habitantes da PEA, enquanto que nos Estados Unidos esta densidade é 11 vezes maior (8,75 para cada 1.000 habitantes).

O Comitê Assessor alerta ainda para o fato constatado de que, entre 1987 e 1990 a sub-área evoluiu de forma nitidamente mais lenta que as demais sub-áreas da Engenharia, em praticamente todos os instrumentos do CNPq - Bolsas de Iniciação Científica, Mestrado, Doutorado, etc. Embora o Comitê Assessor ofereça explicação para tal situação, fica evidente o reflexo da crise da economia brasileira na demanda por engenheiros e pesquisadores qualificados na sub-área.

A produção científica em 1991 foi de 0,19 trabalhos em revistas internacionais por docente-doutor e o índice "produção-total"/docente-doutor atingiu 3,09, o maior dentre todas as sub-áreas da Engenharia. Este índice é um reflexo da intensa participação em Congressos no País e no Exterior (vide Tabela 23). A sub-área é sem dúvida das mais organizadas no tocante à realização de eventos no país. Somente para 1993 estavam previstos cinco congressos, sendo um internacional e quatro encontros e "Workshops".

A Sub-área teve sete pedidos de patentes ou protótipos no biênio 90/91.

8.2 - Atuação em Pesquisa nas Universidades

As áreas de concentração da Engenharia Mecânica podem ser descritas de acordo com a classificação dada abaixo, onde buscou-se destacar os grupos mais atuantes.

- **Processos de Fabricação**: os principais grupos estão na UFSC, USP-São Carlos e UNICAMP;
- **Acústica e Vibração**: UFSC, UFRJ/COPPE, UNICAMP;
- **Mecânica dos Sólidos e Projeto de Máquinas (Robótica)**: o Laboratório Nacional de Cálculo Científico (LNCC) do CNPq tem um grupo muito ativo em Mecânica dos Sólidos, havendo grupos fortes na UFSC, PUC-RJ, UFRJ/COPPE, UNICAMP e UFU. O segundo setor é mais incipiente no país, havendo alguns grupos em Robótica, notadamente na UFRJ/COPPE e UFSC;

- **Termociências**: a UNICAMP, a UFSC, a PUC-RJ, e a UFRJ/COPPE estão com grupos bem consolidados, havendo outros na USP (Politécnica), na UnB e na UFU, sendo os dois últimos ainda não consolidados;
- **Mecânica dos Fluídos**: os grupos mais fortes estão na UFSC, PUC-RJ, UFRJ/COPPE, UNICAMP e ITA.

O Comitê Assessor do CNPq situa como valor necessário para Projetos Integrados a quantia de US$ 50.000,00 por projeto para o primeiro ano, baixando para US$ 30.000,00 para os (dois) anos seguintes. Estimando que o potencial da sub-área conduziria a uma aprovação de setenta projetos, o impacto orçamentário seria de US$ 3,5 milhões no primeiro ano e US$ 2,1 milhões nos anos seguintes. O Comitê abrange também a sub-área de Engenharia Naval e Oceanica, a qual será analisada na seção 10.4 deste trabalho.

Além dos Projetos Integrados, que envolveriam em média três doutores cada, o Comitê Assessor apresentou a proposta cujos principais instrumentos constam da Tabela 25 resultando em um total de US$ 4,355 milhões. O valor global para 1993 incluindo os projetos integrados atingiria portanto US$ 7,655 milhões.

Com relação a Bolsas no Exterior, a recomendação é de 70 para Doutores e 16 para Pós-Doutorado.

Tabela 25 - Metas físicas e orçamentárias para 1993

	Quant.	Custo Unitário US$	Orçamento US$
Projetos individuais	200	15.000,00	3.000.000,00
Participação em Congressos Internacionais	100	3.000,00	300.000,00
Participação em Congressos Nacionais	170	1.000,00	170.000,00
Realização de eventos	variável	variável	355.000,00
Pesquisador visitante	20	5.000,00	630.000,00
Total			**4.355.000,00**

Fonte: Comitê Assessor de Engenharia Mecânica, Aeroespacial, Naval e Oceanica do CNPq

8.3 - Principais Institutos de Pesquisa

O Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (INPE), com seus laboratórios distribuídos em São José dos Campos e Cachoeira Paulista, abriga grupos fortes em pesquisa tecnológica nos setores de combustão, aerodinâmica e simulação térmica. O Instituto de Atividades Espaciais (IAE) vem se dedicando ao desenvolvimento tecnológico na área de combustão.

Os investimentos da Petrobrás na busca de reservatórios de petróleo na plataforma continental do Atlantico, forçaram esta empresa a desenvolver um intenso programa de capacitação técnica coordenado pelo Centro de Pesquisa Leopoldo Miguez, o CENPES. Este programa começou no final da década de 70, dedicando-se inicialmente ao projeto de Estruturas "Offshore". O êxito da prospecção com as sucessivas descobertas de novos campos, inclusive em águas profundas conduziram a novos desafios tecnológicos. Para enfrentá-los, o CENPES buscou o apoio de grupos de pesquisas nas universidades, notadamente na UFRJ/COPPE e vem mantendo desde 1978 um convênio com esta instituição abrangendo os mais diversos aspectos da produção de petróleo no mar: projeto de estruturas maritímas, interação mar-estruturas, proteção catódica, sistemas elétricos das plataformas, robótica submarina etc. A Petrobrás passou a ser reconhecida internacionalmente como detentora de tecnologias de ponta na área de exploração em águas profundas [6]. O curso de Engenharia do Petróleo da UNICAMP (vide Tabelas 23 e 24) evidentemente faz parte do mesmo projeto de capacitação da empresa. O CENPES mantém ainda grupos bastante ativos nas linhas de Fluidos não-Newtonianos e Escoamento Bifásico.

Na área de P&D da indústria mecânica destaca-se a EMBRACO (Santa Catarina) com forte interação com a UFSC. Cerca de 60% da produção de compressores desta empresa é exportado. A Metal Leve mantem um centro de pesquisas tecnológicas que foi estabelecido com a finalidade de efetivar a transferência de tecnologias para os processos produtivos da empresa. Como é do conhecimento geral, a Metal Leve exporta diversas peças e componentes, notadamente cilindros para motores de combustão interna.

9. A Sub-Área de Engenharia Metalurgica, de Materiais e de Minas

9.1 - Situação Geral da Sub-Área no País

Dados coletados pela CAPES, referentes ao biênio 90/91, encontram-se resumidos nas Tabelas 26 e 27.

A maioria dos cursos se restringe pelo menos nominalmente ao setor de Metalurgia (6 cursos), havendo 2 cursos recentes em Materiais e apenas 2 em Minas; o curso da UFRJ abrange os 3 setores e há o da UNICAMP voltado exclusivamente ao Petróleo. O curso de Engenharia de Petróleo aparece também entre os da Engenharia Mecânica (Tabelas 23 e 24). Em ambos os casos há uma aparente distorção entre os números de alunos inscritos e titulados, porém estes são dados fornecidos pela CAPES.

Tratando-se de um setor de inegável importância estratégica para o país, e que mereceu atenção especial do governo central já na época do Império, através da criação da Escola de Minas de Ouro Preto em 1875 (vide seção 2.1), o quadro geral da sub-área chega a ser surpreendente pela situação de evidente incipiência aí refletida. Apenas 2 cursos podem ser considerados consolidados a nível de Mestrado e Doutorado e outros 2 a nível de Mestrado apenas. Comparando entretanto, a situação atual com aquela existente em 1982 [7], verifica-se que houve um progresso expressivo na sub-área.

Uma explicação para a lenta evolução da sub-área, especialmente o setor de Engenharia de Minas, é de natureza econômica: os capitais de risco envolvidos nas atividades minerais são muito elevados, e uma parcela substancial do risco se refere ao tratamento do minério para a obtenção econômica do resultado final. Este risco tem sido enfrentado por empresas multinacionais que têm a capacidade de financiar as pesquisas em laboratórios próprios ou através de contratos. No Brasil, apenas as empresas estatais tem tido alguma capacidade de investir em tais pesquisas, vide item 9.3. Outra explicação, esta de natureza acadêmica, baseia-se no desenvolvimento da área de Geociências [7], onde se concentram muitas linhas de pesquisa aplicada que poderiam se enquadrar igualmente no âmbito da Engenharia de Minas.

Com relação aos setores de Metalurgia e Materiais convém lembrar a forte interação que existe com a Física, sobretudo do estado sólido e a Química, sobretudo nas linhas de polímeros e catalisadores.

Em 1991 titularam-se 147 mestres e 18 doutores. A produção científica está concentrada em Congressos Nacionais e o índice "produção-total" por docente-doutor (vide seção 3.2) atingiu em 1991 o valor de 2,71, superior à média das
Engenharias (2,42). No tocante à publicação de artigos em revistas internacionais, o índice para 91 é de 0,28 trabalhos por docente-doutor, também acima da produção observada nas Engenharias Química e Elétrica. A sub-área registrou apenas dois pedidos de patentes em 1991.

O Comitê Assessor da sub-área procedeu à classificação de todos os pesquisadores doutores na carreira de pesquisa do CNPq. O resultado consta da Tabela 28, onde se verifica a existência de um número considerável de recém-doutores.

A distribuição dos pesquisadores entre as diversas categorias indica que o CA tem sido bastante criterioso nas suas avaliações. O CA não apresentou o número destes doutores que estavam realmente como bolsistas do CNPq. Em maio de 1993 este número totalizava 120 pesquisadores, podendo--se inferir que quase metade do número total de doutores estavam no sistema de bolsas do CNPq.

Tabela 28- Distribuição dos pesquisadores doutores por categoria do CNPq, Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas

Nível	**Categoria I**	**Categoria II**
A	7	35
B	26	54
C	39	89
Totais	**72**	**178**

Fonte: CNPq, maio de 1992.

9.2 - Atuação em Pesquisa

De acordo com o Comitê Assessor da Sub-Área (CA-MM), em anos recentes a área de Materiais vem se caracterizando por avanços tecnológicos expressivos e vem portanto concentrando os maiores investimentos nos países mais desenvolvidos. Destacam-se os setores de supercondutividade, materiais para microeletrônica (filmes e recobrimentos) e materiais cerâmicos e compósitos como os mais importantes.

Nos setores de Minas e Metalurgia Extrativa, o envolvimento dos grupos mais consagrados está se direcionando para a etapa final de processamento dos produtos.

Ainda de acordo com o CA-MM, o impacto causado por novos desenvolvimentos na sub-área é obtido a curto prazo, com reflexos quase imediatos na sociedade.

A situação no país dos diversos setores pode ser resumida como a seguir, baseando-se na divisão setorial utilizada por Godoy em [7]:

- Engenharia de Minas - tendo em vista a estreita relação com a área de Geociências, convém citar a existência de cursos de pós-graduação (CAPES, 1991), sendo 13 a nível de Mestrado e Doutorado e 13 a nível de Mestrado apenas. Dentre os cursos de mestrado 5 cursos mereceram conceito A, 18 tiveram conceito B e 3 conceitos inferiores ou não foram ainda analisados. Os principais grupos de pesquisa em Geociências estão na UNICAMP. Com relação à Engenharia de Minas propriamente dita, os grupos mais atuantes estão na USP-SP (Lavra de Minas, Pesquisa e Recursos Minerais, Processamento de Minas), na UFMG e UFRGS. A situação da sub-área enquanto Engenharia é evidentemente muito incipiente.

- Metalurgia Extrativa - os principais grupos encontram-se na USP-SP, UFMG, UFRJ-COPPE, PUC-RJ, UFRGS, havendo outros grupos.

- Metalurgia de Transformação - os grupos mais ativos estão na UFRJ-COPPE, UFMG, USP-SO, UFRGS e UFSCar.

- Metalurgia Física - os principais grupos estão na UFRJ-COPPE, UFMG, PUC-RJ, UFSCar, USP-SP e USP-SP.

- Materiais não Metálicos - apenas dois grupos atuam na área com alguma expressão: na UFSCar e UFRJ-COPPE.

A Tabela 29 contém os principais itens das metas físicas propostas pelo Comitê Assessor da Sub-Área no CNPq, para 1993. Os valores de custo unitário tanto para projetos individuais para os integrados são médios, resultantes de uma hierarquização de valores. Por exemplo, os projetos integrados a serem apoiados seriam em número de 30 no valor de US$ 20.000,00, 20 de US$ 30.000,00, 10 de US$ 40.000,00 e 5 de US$ 50.000,00. É uma proposta interessante, pois não reduz todos os projetos ao mesmo nível permitindo que grupos com maior atuação experimental possam pleitear apoios mais substanciais. Os valores médios

resultantes são sensivelmente superiores aos pleiteados pelos Comitês das demais sub-áreas, com excessão daqueles projetados pelo CA de Engenharia Mecânica, para o primeiro ano de apoio a projetos integrados (vide seção 8.2).

As metas de bolsas no exterior propostas pelo CA foram de 20 de doutorado e 36 de pós-doutorado.

Tabela 29 - Metas físicas e orçamentárias para 1993

	Quant.	**Custo Unitário US$**	**Orçamento US$**
Projetos individuais	50	18.000,00	900.000,00
Projetos integrados	65	28.461,50	1.850.000,00
Participação em Congressos Nacionais/Internacionais	-	-	343.000,00
Realização de eventos	10	100.000,00	1.000.000,00
Pesquisador visitante	10	-	-
Total			**4.093.000,00**

Fonte: Comitê Assessor de Engenharia Metalurgia, de Materiais e de Minas do CNPq

9.3 - Principais Institutos de Pesquisa

A sub-área dispõe de um número significativo de centros de pesquisa, tanto no setor público como no privado, destacando-se:

- o Centrro de Tecnologia Mineral (CETEM) do CNPq, em metalurgia extrativa;

- o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), em metalurgia extrativa, de transforrmação e física;

- o Centro Técnico Aeroespacial (CTA), em metalurgia extrativa;

- o Centro de Pesquisas Elétricas (CEPEL), em metalurgia física e de transformação e em materiais;

- o IPEN e o IEN, citados na seção anterior, em materiais, assim como o INPE em São José dos Campos;

- o CENPES/Petrobrás, em geologia do petróleo.

Além destas, algumas empresas do setor siderúrgico mantém centros de pesquisas: a Companhia Vale do Rio Doce (metalurgia extrativa), Usiminas (metalurgia física, extrativa,

de separação e de extração, materiais, etc.), Fundição Tupy (metalurgia física e de transformação) além de outras como a Cia. Siderúrgica Nacional e Acesita.

10. Demais Sub-Áreas da Engenharia

As seções 4 a 9 deste trabalho foram dedicadas a uma análise detalhada das chamadas grandes áreas de habilitação das Engenharias [11]. Embora tal análise já permita uma visão qualitativa bastante precisa da Área, por razões de complementaridade decidiu-se incluir diversas sub-áreas que resultaram da evolução natural do conhecimento nas últimas décadas. Não se pretende aqui dar uma cobertura exaustiva de todas as sub-áreas das Engenharias pois tal tarefa não só fugiria ao escopo do presente trabalho, como requereria um tratamento multidisciplinar, uma vez que as fronteiras com as demais Áreas de Conhecimento vão ficando mais difíceis de definir em função das especializações que vem surgindo em anos recentes. Por exemplo, a Engenharia de Computação não foi incluída, assim como a Engenharia de Alimentos, a Florestal, a Agrícola, a de Pesca e ainda as áreas de concentração como Planejamento Energético e Meio Ambiente.

10.1 - A Sub-Área de Engenharia da Produção

A Engenharia de Produção se distingue das demais Engenharias pelo seu alto grau de interdisciplinaridade, uma vez que conhecimentos das Áreas de Ciências Humanas e Sociais são tão importantes quanto aqueles de diversas sub-áreas da Engenharia.

O papel da Engenharia de Produção no desenvolvimento econômico e tecnológico de qualquer país é fundamental pois se situa na base do setor produtivo. No Brasil, o primeiro curso de Graduação foi criado em 1957 na EPUSP, havendo atualmente mais de 20 cursos no país, com muita demanda por parte dos alunos.

A nível da Pós-Graduação, os dados coletados pela CAPES para o biênio 90/91 constam das Tabelas 30 e 31. São sete cursos, com apenas três a nível de Doutorado, nenhum deles consolidados.

O índice de "produção-total" por docente-doutor foi de 1,47 em 1991, enquanto que as publicações em revistas internacionais resultam em apenas 0,09 artigos por docente-doutor. Ambos os índices estão entre os mais baixos entre as Engenharias, verificando-se uma forte concentração da produção científica na UFSC, em Congressos Nacionais. É possível que tenha havido alguma falha na coleta dos dados relativos à produção científica nesta sub-área. Houve entretanto uma evolução expressiva no número de alunos titulados a nível de Mestrado, que passou de 63 em 1990 para 103 em 1991.

Os setores mais tradicionais e desenvolvidos da Engenharia de Produção são: Gerência da Produção, Pesquisa Operacional, Engenharia Economica e Engenharia do Produto, existindo outros tais como Organizacão do Trabalho, Gerência da Tecnologia e Sistemas de Transporte. (Este último setor será incluído na sub-área de Engenharia de Transportes).

Tabela 32 - Metas físicas e orçamentárias para 1993			
	Quant.	**Custo Unitário US$**	**Orçamento US$**
Projetos individua\is	20	50.000,00	1.000.000,00
Projetos integrados	20	150.000,00	3.000.000,00
Participação em Congressos Internacionais	25	8.000,00	200.000,00
Participação em Congressos Nacionais	45	2.000,00	90.000,00
Realização de eventos	6	variável	4.000,00
Pesquisador visitante	5	15.000,00	75.000,00
Total			**4.410.000,00**

Fonte: Comitê Assessor de Engenharia de Produção do CNPq

A produtividade relativamente pequena da sub-área, evidenciada nos índices acima, reflete-se também nas Bolsas de Pesquisa do CNPq, havendo apenas 9 bolsistas na Categoria I e 20 na Categoria II. Assim, apenas 29 dos 89 Docentes-Doutores estavam participando do sistema em 1992 e entre esses 4 estavam no nível I.A. Comparando com a posição na Engenharia Elétrica, onde apenas 3 pesquisadores estavam no nível I.A. de um total de 98 (vide Tabela 17), constata-se uma preocupante diferença de critérios entre os Comitês do CNPq, conforme já mencionado na seção 5.1.

A Tabela 32 resume as metas orçamentárias do Comitê Assessor da Sub-Área para 1993, totalizando US$ 4,410 milhões. Note-se que os valores estipulados tanto para os projetos individuais como para os integrados são substancialmente maiores que aqueles preconizados pelas sub-áreas até aqui analisadas. O Comitê recomenda a concessão de 30 bolsas de doutorado e 10 de pós-doutorado para o exterior em 1993.

10.2 - A Sub-Área de Engenharia de Transportes

A Engenharia de Transportes trata da teoria, dos métodos e das técnicas de planejamento, projeto, operação e gerenciamento de sistemas de transporte. A nível de cursos de graduação, é tratada como especialidade da Engenharia Civil, da Engenharia Naval, da Engenharia Aeronáutica e da Engenharia de Produção. Na pós-graduação, adquiriu o status de sub-área, conforme pode ser constatado nas Tabelas 33 e 34, as quais trazem dados levantadas pela CAPES para o biênio 90/91. Estes dados não incluem três cursos de pós-graduação que, embora de outras sub-áreas, oferecem titulação com área de concentração em Transportes, a saber: PUC/RJ (Engenharia Industrial), IME (Ciências de Computação) e UFPb (Engenharia Civil).

São cinco cursos, dos quais três incluem o Doutorado; destes, nenhum pode ser considerado consolidado. A produção científica em revistas internacionais em 1991 foi de apenas 0,11 por

docente-doutor, bastante inferior à média das Engenharias, enquanto que o índice de "produção-total" foi de 1,17, também muito inferior à média.

A sub-área tem como principais setores de estudos a Engenharia de Tráfego e Segurança Viária (UFRJ/COPPE), a Infraestrutura Rodo-ferroviária (USP-SP e USP-SC), a Infraestrutura Aeroportuária (ITA), e Transportes Urbanos (UnB).

A utilização das Bolsas de Pesquisa do CNPq pelos docentes da sub-área é pouco expressiva, pois apenas 17 dos 69 docentes-doutores estavam no sistema em 1992. Destes 5 estavam classificados na Categoria I (apenas 1 na I.A) e 12 na Categoria II.

As metas orçamentárias propostas pelo Comitê Assessor estão resumidas na Tabela 33, totalizando US$ 1,369 milhões. Observa-se uma grande enfase na participação em congressos no exterior.

O Comitê Assessor recomendou a concessão de 41 bolsas no exterior, sendo 25 a nível de doutorado e 8 a nível de pós-doutorado.

Tabela 35 - Metas físicas e orçamentárias para 1993

Itens	**Quant.**	**Custo Unitário US$**	**Orçamento US$**
Auxílios individuais	40	17.000,00	680.000,00
Auxílios integrados	20	25.000,00	500.000,00
Participação em Congressos Internacionais	40	2.800,00	112.000,00
Participação em Congressos Nacionais	15	3.800,00	57.000,00
Realização de eventos	1	20.000,00	20.000,00
Total			**1.369.000,00**

Fonte: Comitê Assessor da Engenharia de Transporte do CNPq

10.3 - A Sub-Área de Engenharia Nuclear

A Engenharia Nuclear inclui, entre outros tópicos, a física de reatores, a termo-dinâmica e a análise de segurança, e incorpora conhecimentos de diversas sub-áreas da Engenharia, notadamente das Engenharias Mecânicas, Metalurgica, Química, Civil e Elétrica. Além destas, possui interfaces com a radiologia, a radioquímica e a radioecologia, entre outras, tendo portanto uma forte característica de interdisciplinaridade [7].

As Tabelas 36 e 37 contem os dados coletados pela CAPES para a avaliação correspondente aos anos de 90 e 91. São seis cursos de pós-graduação, dos quais dois (UFRJ/COPPE e USP)

oferecem o Doutorado. Convém salientar que diversas outras instituições oferecem cursos relacionados com a Engenharia Nuclear como áreas de concentração de programas de pós-graduação, especialmente: UFRGS (Engenharia Mecânica) e PUC/RJ (Engenharia Mecânica).

Por razões históricas dois cursos de Planejamento Energético estão relacionados na sub-área, mas posteriormente ao ano de 1991 efetivou-se a separação dos setores.

A produtividade em termos de artigos em revistas internacionais foi de 0,10 trabalhos por docente-doutor, enquanto que o índice de "produção-total" resultou em apenas 0,45, muito inferior à média das demais sub-áreas. É provável que exista alguma distorção nestes índices devido ao não registro da produção científica dos cursos da USP, da UFMG e do IME (vide Tabela 35).

As metas físicas e orçamento correspondente propostos pelo Comitê Assessor do CNPq para 1993 constam da Tabela 38, resultando um valor global de US$ 1,143 milhões. O Comitê Assessor recomendou para este ano a concessão de 31 bolsas no exterior, sendo 25 a nível de doutorado e 6 de pós-doutorado.

A participação dos 131 docentes-doutores da sub-área no sistema de bolsas de pesquisas do CNPq é muito reduzida, havendo apenas três pesquisadores na Categoria I e 14 na Categoria II.

Em termos de institutos tecnológicos, a Comissão Nacional de Energia Nuclear mantem diversos centros que desenvolvem pesquisas nas linhas de reatores e aplicações de energia nuclear: o IPEN (USP), o IEN (no Campus da UFRJ) e o CDTN (Rio de Janeiro). Mantem ainda o IRD, na área de radio-proteção e dosimetria.

Na linha de aplicações, destaca-se a atuação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA, que foi incorporado à USP em anos recentes.

Tabela 38 - Metas físicas e orçamentárias para 1993

	Quant.	**Custo Unitário US$**	**Orçamento US$**
Projetos individuais	30	30.000,00	900.000,00
Participação em Congressos Internacionais	20	3.500,00	70.000,00
Participação em Congressos Nacionais	50	1.500,00	75.000,00
Realização de eventos	variável	variável	40.000,00
Pesquisador visitante	3	16.000,00	48.000,00
Total			**1.143.000,00**

Fonte: Comitê Assessor de Engenharia Nuclear do CNPq

10.4 - A Sub-Área de Engenharia Naval e Oceânica

O ensino de Engenharia Naval no Brasil teve início em 1957 na USP com a criação do curso de graduação na Escola Politécnica, e dois anos mais tarde teve início um curso semelhante na Escola de Engenharia da UFRJ. Na pós-graduação a UFRJ iniciou o curso de Mestrado em 1967, enquanto que na USP o curso foi oferecido pela primeira vez em 1970.

O quadro abaixo contém um resumo das principais linhas de Engenharia Naval e Oceânica e a sua cobertura nas duas instituições.

Especialidades das Eng. Naval e Oceânica	Instituição	
	USP	**COPPE**
Estruturas navais e oceânicas	X	X
Hidrodinâmica de sistemas oceânicos	X	X
Projetos de sistemas oceânicos	X	X
Transporte aquaviário e operação portuária	X	X
Tecnologia de construção	X	X
Máquinas marítimas	X	X
Engenharia costeira	-	X
Instrumentação oceanográfica, acúsctica submarina	-	X

Os dados levantados pela CAPES para o biênio 90/91 estão nas Tabelas 39 e 40. São apenas dois cursos de pós-graduação, ambos consolidados a nível de Mestrado. O Doutorado teve início na UFRJ/COPPE em 1989 e o da USP, embora tenha se iniciado em 1983 ainda não está plenamente consolidado.

A produção científica em termos de publicações em revistas internacionais é quase nula no bienio analisado, mas o índice de "produção-total" foi de 2,37 trabalhos por docente-doutor, ligeiramente inferior à média das Engenharias.

As metas físicas e orçamento para 1993 elaboradas pelo Comitê Assessor do CNPq estão incluídas na Engenharia Mecânica e Aeroespacial (Tabela 24), não sendo possível uma identificação das metas específicas para Engenharias Naval e Oceânica.

11. Conclusões

Apesar das dificuldades na obtenção de dados e informações sobre o estado das diferentes sub-áreas das Engenharias, a análise detalhada das chamadas grandes áreas - Química, Elétrica (e Biomédica), Civil (e Sanitária) e Mecânica (e Aeroespacial), Metalurgia (Minas e Materiais), assim como de outras sub-áreas na seção 10 permitem a obtenção de uma visão das Engenharias cujos principais aspectos são resumidos a seguir:

1) Os investimentos no país na formação tanto de profissionais como de pesquisadores estão mais direcionados a outras áreas de conhecimento, por exemplo, Ciências Humanas e Sociais do que às Engenharias. Este aspecto fica ainda mais evidente nas comparações feitas nas Seções 2.2 e 3.2 em relação à proporção ocupada pelas Engenharias em outros países.

2) O quadro geral que se obtem do conjunto das áreas (Tabelas 8 e 9) indica que o país logrou estabelecer, no prazo relativamente curto de cerca de 30 anos, um respeitável sistema de pós-graduação e pesquisa.

3) Enquanto na Graduação há uma evidente distorção com excessiva concentração na Engenharia Civil, na Pós-Graduação houve uma distribuição mais uniforme e mais alinhada com as necessidades dos setores de pesquisa e de produção.

4) As diversas sub-áreas da Engenharia vem seguindo processos similares de evolução e consolidação, com a presença de casos de inegável sucesso e qualidade a nível internacional de uns poucos grupos, assim como de casos de grupos que permanecem incipientes apesar de existirem há décadas.

5) A produção científica vem evoluindo satisfatoriamente, embora de forma desigual entre as sub-áreas, havendo uma crescente preocupação com as publicações em revistas internacionais. Este aspecto denota de um lado, a maior inserção dos grupos nacionais no cenário internacional mas por outro lado, tem suscitado alguma preocupação quanto à valorização de outros itens fundamentais, como a própria formação de recursos humanos e a realização de projetos de cunho tecnológico.

6) Conforme discutido na seção 3.2, é conveniente que as Agências de Fomento adotem um indicador baseado no valor dos contratos de consultoria e convênios, o qual servirá para traduzir a transferência de conhecimentos gerados nas Áreas Tecnológicas para o setor produtivo. Este indicador deve evidentemente ser utilizado de forma complementar aos indicadores tradicionais e não substituí-los.

7) As propostas de custeio apresentadas pelos diversos Comitês Assessores do CNPq apontam para a necessidade de investimentos da ordem de US$ 20.500 por docente-doutor por ano. Tendo em vista a situação de extrema dificuldade que quase todos os centros de pós-graduação vem atravessando nos últimos anos, tal investimento teria retorno quase imediato e ajudaria a recuperar parte dos equipamentos e laboratórios que estão sendo sucateados pela falta de recursos.

8) Considerando o valor acima e o número total de 1.635 docentes-doutores das Engenharias (CAPES, 1991, Tabela 8), o custeio anual necessário para conduzir o sistema de Pós-Graduação e Pesquisa na Área a retomar um ritmo satisfatório de produção seria da ordem de US$ 33 milhões.

9) É importante considerar que as propostas de custeio analisadas foram baseadas em metas físicas idealizadas pelos Comitês e não na alocação de recursos entre as diversas modalidades de apoio. Portanto, os dados não podem ser tomados como uma base definitiva para alocação de recursos, conforme será exemplificado a seguir.

10) Os Comitês das grandes áreas da Engenharia (seções 4 e 9) recomendam a concessão pelo CNPq de um total de 420 bolsas de doutorado no exterior. Tomando como exemplo a Engenharia Elétrica, a recomendação foi de 100 bolsas, número este que é da mesma ordem de grandeza que o total de 177 alunos de doutorado no país em 1991 (Tabela 15).

11) O custo médio anual do estudante de doutorado no exterior é da ordem de US$ 25.000,00, o que supera sensivelmente o custeio médio por docente-doutor supra citado (US$ 18.500,00). Dados recentes divulgados pela COPPE/UFRJ [10] apontam para um custo médio por aluno de pós-graduação de apenas US$ 5.500,00, ou seja quase 20% do necessário para o exterior.

12) O custo total anual das 420 bolsas de doutorado no exterior recomendadas nas Engenharias é portanto da ordem de US$ 10,5 milhões, sem considerar as concessões de outras Agências.

13) Embora a necessidade de treinamento no exterior seja inegável e importante, a atual carência de recursos em praticamente todos os grupos de pesquisa (com possível excessão de São Paulo, graças à atuação da FAPESP), conduz a se questionar se tal programa deve ser mantido nos níveis atuais. Caso fosse destinado um valor global a cada Comitê Assessor, com ampla liberdade de definição dos itens a serem apoiadas, os resultados seriam bem diversos daqueles analisados neste trabalho, e isto seria um interessante exercício de alocação de recursos.

14) A questão da destinação de parte dos recursos de bolsas no exterior para grupos selecionados no país, os quais pudessem absorver alunos de doutorado, chegou a ser analisada no âmbito do CTC da CAPES em 1992. Suspeita-se que tal política não foi implantada por temer esta Agência a perda dos recursos após o primeiro ano de aplicação em item de custeio, logo não associado a "pessoal".

Em conclusão pode-se dizer que de uma maneira geral o espectro de atuação no país abrange praticamente todas as sub-áreas das Engenharias, havendo no entanto carencias importantes devidas a diversos fatores, destacando-se:

- número ainda insuficiente de pesquisadores ativos em linhas de pesquisa estrategicamente importantes;
- dificuldades na manutenção de um fluxo contínuo de recursos, com repercussão direta na consolidação de laboratórios e linhas de pesquisa;
- falta de interesse do setor produtivo (excetuando-se, em algumas áreas, as empresas estatais) em investimentos de P&D.

Apesar das enormes dificuldades enfrentadas, os investimentos no sistema de pós-graduação e pesquisa na Área das Engenharias, realizados nas últimas décadas, vem trazendo inequívocos benefícios para a sociedade como um todo e possibilitou em alguns setores até a uma redefinição das bases de intercâmbio tecnológico com países mais desenvolvidos [5].

12. Referências

1. Mello Carvalho, J. C. - "Atividade Científica", em Atlas Cultural do Brasil, MEC/FENAME, 1972, págs. 137-147.

2. Kelly, Celso - "O Processo Educacional", em Atlas Cultural do Brasil, MEC/FENAME, 1972, pág. 151-167.

3. Danna, F. L., Iida, I.; Vieira, R. C. C. - "Perfil do Engenheiro no Século XXI", Relatório da ABENGE/CONFEA, setembro de 1991.

4. Iida, I.; Rocha Neto, I. - "O Perfil da Engenharia no Brasil", Educação Brasileira, Brasília, 12(25), págs. 151-162, 2^0. semestre de 1990.

5. Carneiro Jr. S., Bartholo, R. S. - Post-Graduate Engineering Education in Brazil: A Case Study, World Conference on Engineering and Engineering Technology Education, Cologne, April 16-19, 1984.

6. Carneiro Jr. S. - The Graduate School of Engineering - COPPE: Analysis of its Evolution and Present Status - IBM - SAIS Seminar on Human Resources for Technological Development in Brazil, The Johns Hopkins University, Washington, D.C., USA, July 30-31st, 1990.

7. Vários Autores - Avaliação e Perspectivas 1982, Vol. 4, Engenharias, SEPLAN/CNPq, Brasília, 1983.

8. Nussenweig, M. - Boletim da Sociedade Brasileira de Automática, abril de 1993

9. Aidar, J. S. e Cytrynorwicz, R. - Tradição de Ensino no Rumo da Tecnologia do Século 21, Revista da Escola Politécnica, n^0. 208, Jan./abril de 1993, pp. 17 a 21.

10. Momento COPPE, Ano I, n^0. VI, setembro de 1993.

11. Vieira, R. C. C. - Formação Tecnológica para o Desenvolvimento, Convênio SAE/PNUD - Bra/092/030, março de 1993.